

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05127361 A**

(43) Date of publication of application: **25 . 05 . 93**

(51) Int. Cl

**G03F 1/08**  
**H01L 21/027**

(21) Application number: **03287832**

(22) Date of filing: **01 . 11 . 91**

(71) Applicant: **DAINIPPON PRINTING CO LTD**

(72) Inventor: **MIYASHITA HIROYUKI**  
**ISHIKITA SACHIKO**  
**MIKAMI TAKEKAZU**

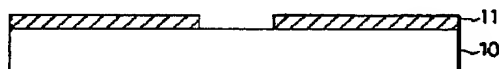
(54) **HALFTONE PHASE SHIFT PHOTOMASK**

(57) Abstract:

PURPOSE: To further simplify structure and to further facilitate production.

CONSTITUTION: A phase shift layer 11 also acting as a halftone light shielding layer is formed on the surface of a transparent substrate 10 with a material having a uniform compsn. in accordance with a prescribed pattern. The thickness (d) of the phase shift layer 11 is regulated to  $d = \lambda / [2(n-1)]$  [ $\lambda$  is wavelength used and (n) is the refractive index of the layer 11] or odd times as large as  $\lambda / [2(n-1)]$  and the transmissivity of the layer 11 is regulated to about 5-30%.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 5 - 1 2 7 3 6 1

(43) 公開日 平成 5 年 (1993) 5 月 25 日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G03F 1/08	A	7369-2H		
	L	7369-2H		
H01L 21/027		7352-4M	H01L 21/30	301 P

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 3 - 2 8 7 8 3 2  
(22) 出願日 平成 3 年 (1991) 11 月 1 日

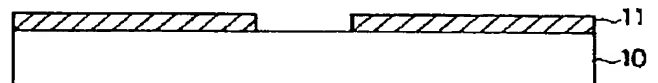
(71) 出願人 000002897  
大日本印刷株式会社  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号  
(72) 発明者 宮下裕之  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号大  
日本印刷株式会社内  
(72) 発明者 石北幸子  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号大  
日本印刷株式会社内  
(72) 発明者 三上豪一  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号大  
日本印刷株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 荻澤 弘 (外 7 名)

(54) 【発明の名称】 ハーフトーン位相シフトフォトマスク

(57) 【要約】

【目的】 構造をさらに単純化し、製造をより容易化したハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【構成】 透明基板 10 と、その表面に所定のパターンに従って設けられた均一組成材料からなるハーフトーン遮光層兼位相シフト層 11 とからなり、ハーフトーン遮光層兼位相シフト層 11 は、使用波長を  $\lambda$ 、その屈折率を  $n$  とするとき、膜厚  $d$  が、ほぼ  $d = \lambda / \{ 2 (n - 1) \}$  又はその奇数倍になるように設定され、また、その透過率がほぼ 5 ~ 30 % の範囲になるように構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明基板と、その表面に所定のパターンに従って設けられた均一組成材料からなるハーフトーン遮光層兼位相シフト層とからなり、該ハーフトーン遮光層兼位相シフト層は、使用波長を $\lambda$ 、その屈折率を $n$ とすると、膜厚 $d$ が、 $d = \lambda / \{ 2 (n - 1) \}$ 又はその奇数倍になるように設定され、また、その透過率がほぼ 5 ~ 30 % の範囲になるように構成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 2】 前記ハーフトーン遮光層兼位相シフト層が、 $\text{CrO}_2$ 、 $\text{CrN}$ 、 $\text{CrO}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{CrO}$ 、 $\text{N}$ 、 $\text{C}$  の何れかから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 3】 前記ハーフトーン遮光層兼位相シフト層が、透明な無機物又は有機物中に顔料又は染料を分散させて構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項 4】 前記ハーフトーン遮光層兼位相シフト層が、スピン・オン・ガラスに遮光性微粒子を分散させたものから構成されていることを特徴とする請求項 3 記載のハーフトーン位相シフトフォトマスク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、LSI、超LSI等の高密度集積回路の製造に用いられるフォトマスクに係わり、特に、微細なパターンを高精度に形成する際に用いられるハーフトーン位相シフトフォトマスクに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 IC、LSI、超LSI等の半導体集積回路は、Siウェーハ等の被加工基板上にレジストを塗布し、ステッパー等により所望のパターンを露光した後、現像、エッチングを行う、いわゆるリソグラフィ工程を繰り返すことにより製造されている。

【0003】 このようなリソグラフィ工程に使用されるレチクルと呼ばれるフォトマスクは、半導体集積回路の高性能化、高集積化に伴ってますます高精度を要求される傾向にあり、例えば、代表的なLSIであるDRAMを例にとると、1MビットDRAM用の5倍レチクル、すなわち、露光するパターンの5倍のサイズを有するレチクルにおける寸法のずれは、平均値 $\pm 3\sigma$  ( $\sigma$ は標準偏差)をとった場合においても、0.15 $\mu\text{m}$ の精度が要求され、同様に、4MビットDRAM用の5倍レチクルは、0.1~0.15 $\mu\text{m}$ の寸法精度が、16MビットDRAM用5倍レチクルは0.05~0.1 $\mu\text{m}$ の寸法精度が要求されている。

【0004】 さらに、これらのレチクルを使用して形成されるデバイスパターンの線幅は、1MビットDRAMで1.2 $\mu\text{m}$ 、4MビットDRAMでは0.8 $\mu\text{m}$ 、16MビットDRAMでは0.6 $\mu\text{m}$ と、ますます微細化が要求されており、このような要求に応えるために様々

な露光方法が研究されている。

【0005】 ところが、例えば64MビットDRAMクラスの次々世代のデバイスパターンになると、これまでのレチクルを用いたステッパー露光方式ではレジストパターンの解像限界となり、例えば特開昭58-173744号公報、特公昭62-59296号公報等々に示されているような位相シフトマスクという新しい考え方のレチクルが提案されてきている。この位相シフトレチクルを用いる位相シフトリソグラフィーは、レチクルを透過する光の位相を操作することによって、投影像の分解能及びコントラストを向上させる技術である。

【0006】 このような位相シフトマスクの1つとして、ハーフトーン位相シフトフォトマスクが提案されている。このハーフトーン位相シフトフォトマスクを図面に従って簡単に説明する。図3はハーフトーン位相シフトリソグラフィーの原理を示す図、図4は従来法を示す図であり、図3(a)及び図4(a)はレチクルの断面図、図3(b)及び図4(b)はレチクル上の光の振幅、図3(c)及び図4(c)はウェーハ上の光の振幅、図3(d)及び図4(d)はウェーハ上の光強度をそれぞれ示し、1は基板、2は100%遮光膜、3は5~30%の透過率のハーフトーン遮光膜、4は位相シフト層、5は入射光を示す。

【0007】 従来法においては、図4(a)に示すように、石英ガラス等からなる基板1にクロム等からなる100%遮光膜2が形成されて、所定のパターンの光透過部が形成されているだけであるが、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーでは、図3(a)に示すように、遮光膜をハーフトーン遮光膜3で形成し、ハーフトーン遮光膜3上に位相を反転(位相差180°)させるための透過膜からなる位相シフト層4が設けられている。したがって、従来法においては、レチクル上の光の振幅は図4(b)に示すように同相となり、ウェーハ上の光の振幅も図4(c)に示すように同相となり、マスクの開口部から外側へ裾広がりに分布するので、その結果、図4(d)のようにウェーハ上の光強度分布はマスクパターンに対応した形状にはならないで、マスク開口部から外側へ裾広がりの分布になる。これに対して、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーにおいては、ハーフトーン遮光膜3及び位相シフト層4を透過した光は、図3(b)に示すように、開口部を透過した光と逆位相になるため、パターンの境界部で光強度が零になり、図4(d)に示すように、光強度分布の裾広がりを抑えることができる。このように、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーにおいては、従来は分解できなかったパターンも分解可能となり、解像度を向上させることができるものである。

【0008】 次に、これまでに提唱されているハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造方法について説明する。図5はその製造工程を示す断面図であり、図中、1

10

20

30

40

50

9は基板、20は導電層、21はハーフトーン遮光層、22は位相シフト層、23はレジスト、24はレジストパターン、25はエッチングガス、26はハーフトーン遮光パターン、27は位相シフターパターンを示している。

【0009】まず、図5(a)に示すような常法に従って作製し、欠陥検査したハーフトーン位相シフトフォトマスクブランクス上に、同図(b)に示すように、クロロメチル化ポリスチレン等の電離放射線レジスト23をスピンコーティング等の常法により均一に塗布し、加熱乾燥処理を行う。加熱乾燥処理は、使用するレジストの種類にもよるが、通常、80～150℃で20～60分間行う。次に、レジスト層23に、常法に従って電子線描画装置等の露光装置によって電離放射線でパターン描画し、エチルセロソルブやエステル等の有機溶媒を主成分とする現像液で現像後、アルコールでリンスして、同図(c)に示すようなレジストパターン24を形成する。

【0010】次に、必要に応じて加熱処理、及び、ディスカム処理を行ってレジストパターン24のエッジ部分に残存したレジスト屑、ヒゲ等の不要なレジストを除去した後、同図(d)に示すように、レジストパターン24の開口部より露出する被加工部分、すなわち、位相シフト層22及びハーフトーン遮光層21をエッチングガスプラズマ25の条件変更によって連続してドライエッチングし、ハーフトーン遮光パターン26及び位相シフターパターン27を形成する。なお、このハーフトーン遮光パターン26、位相シフターパターン27の形成は、エッチングガスプラズマ25によるドライエッチングに代えて、ウェットエッチングにより行ってもよいことは、当業者間では明らかなことである。

【0011】この後、レジストパターン24すなわち残存するレジストを溶剤剥離し、フォトマスクとする。このフォトマスクを洗浄後、検査し、同図(e)に示すように位相シフターパターン27を有するハーフトーン位相シフトフォトマスクが完成する。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来のハーフトーン位相シフトフォトマスクにおいては、位相シフト層、ハーフトーン遮光層の2層を形成する必要があり、ブランクス製造工程数が増加する。また、ハーフトーン遮光層、位相シフト層のエッチング条件が異なる等マスク製造プロセスも増加する。欠陥検査も、ハーフトーン遮光層、位相シフト層それぞれについて行う必要がある。これらのため、高コスト化、製造期間の長期化、欠陥の多発等、多くの問題を含んでいる。

【0013】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、構造をさらに単純化し、製造をより容易化したハーフトーン位相シフトフォトマスク

を提供することである。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題に鑑み、実用的で精度が高くかつ製造がより容易なハーフトーン位相シフトフォトマスクを開発すべく研究の結果、ハーフトーン遮光膜と位相シフト層を1層で構成できることを見出し、かかる知見に基づいて本発明を完成したものである。

【0015】すなわち、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクは、透明基板と、その表面に所定のパターンに従って設けられた均一組成材料からなるハーフトーン遮光層兼位相シフト層とからなり、該ハーフトーン遮光層兼位相シフト層は、使用波長を $\lambda$ 、その屈折率を $n$ とすると、膜厚 $d$ が、ほぼ $d = \lambda / \{ 2(n - 1) \}$ 又はその奇数倍になるように設定され、また、その透過率がほぼ5～30%の範囲になるように構成されていることを特徴とするものである。

【0016】この場合、ハーフトーン遮光層兼位相シフト層は、 $\text{CrO}_x$ 、 $\text{CrN}_x$ 、 $\text{CrO}_x\text{N}_x$ 、 $\text{CrO}_x\text{N}_x\text{C}_x$ の何れかから構成するか、透明な無機物又は有機物中に顔料又は染料を分散させて構成することができる。後者の場合、例えば、ハーフトーン遮光層兼位相シフト層を、スピン・オン・ガラスに遮光性微粒子を分散させたものから構成することができる。

#### 【0017】

【作用】本発明においては、ハーフトーン位相シフトフォトマスクを、透明基板と、その表面に所定のパターンに従って設けられた均一組成材料からなるハーフトーン遮光層兼位相シフト層とから構成するので、構成が極めて単純であり、製造に関しても工程数削減により、欠陥の発生が押さえられ、同時に、製造コストを低く押さえることも併せて可能となる。そして、それにもかかわらず、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの特長である通常のフォトマスクでは得られない高分解能が可能となる。

#### 【0018】

【実施例】以下、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクの1実施例を図1を参照にして説明する。図1は、本発明に係わるハーフトーン位相シフトフォトマスク(レチクル)の断面図であり、このフォトマスクは、石英基板10と、その表面に所定のパターンに従って設けられたハーフトーン遮光層兼位相シフト層11とからなっている。ハーフトーン遮光層兼位相シフト層11は、使用波長を $\lambda$ 、その屈折率を $n$ とすると、膜厚 $d$ が、 $d = \lambda / \{ 2(n - 1) \}$ 又はその奇数倍になるように設定され、また、その透過率が5～30%であるように構成されている。具体的には、ハーフトーン遮光層兼位相シフト層11は、例えば、クロムをスパッタリングのターゲットとし、蒸着雰囲気中に酸素等のガスを入れて、 $\text{CrO}_x$ 、 $\text{CrN}_x$ 、 $\text{CrO}_x\text{N}_x$ 、 $\text{CrO}_x\text{N}_x\text{C}_x$

、C、等のクロムの酸化物、窒化物、酸窒化物、酸窒炭化物を基板 10 上に堆積することにより形成されるが、成膜条件を変えてクロムの酸素等に対する含有量を制御して、上記膜厚条件と透過率条件の両者を満足するように構成される。

【0019】したがって、図 3 を参照にして説明したように、このような構成のハーフトーン位相シフトフォトマスクは、光強度分布の裾広がりを抑えることができ、従来分解できなかった微細パターンも分解可能なものとなる。しかも、図 1 の断面図から明らかなように、フォトマスクは、基板 10 上に単一のハーフトーン遮光層兼位相シフト層 11 をコーティングし、その上にレジスト層を塗布して、このレジスト層に電子線描画装置等の露光装置により所定のパターン描画をし、現像、リンスしてレジストパターンを形成し、レジストパターンの開口部より露出する層 11 をドライエッチング又はウェットエッチングすると言う最も基本的なリソグラフィ工程を 1 回だけ行うことにより製造することができる。

【0020】なお、ハーフトーン遮光層兼位相シフト層 11 は、クロムの酸化物等により構成する代わりに、透明な無機物、有機物中に顔料、染料を分散させて上記透過率条件及び膜厚条件を満足するようにして構成することもできる。

【0021】次に、その 1 例として、スピン・オン・グラス (SOG) によりハーフトーン遮光層兼位相シフト層を作成する場合の実施例を示す。図 2 はこの場合の製造工程を示す断面図であり、まず、同図 (a) に示すようなハーフトーン位相シフトフォトマスクブランクを用意する。図中、39 は基板、40 は導電層、41 はハーフトーン遮光層兼位相シフト層 (厚さは例えば i 線に対して約 405 nm で、180° 位相シフターを構成し、透過率は 5 ~ 30 % の範囲) を示す。ハーフトーン遮光層兼位相シフト層 41 は、SOG 溶液にカーボン、SiN<sub>x</sub>、Si 等の遮光性微粒子 (粒子径: 数 ~ 数十 nm) を分散法により混合し、スピンコート、焼成して作成する。混合するカーボン等の遮光性微粒子の量は、焼成した基板の透過率をモニターしながら加減する。また、超音波処理等を適宜行い、均一に混合する。透過率は、上記のように 5 ~ 30 % の範囲で選択されるが、1 例としてカーボン微粒子を用いて約 16 % となるようにした。

【0022】次いで、このようなハーフトーン位相シフトフォトマスクブランクの欠陥検査を行い、同図 (b) に示すように、その上に、クロロメチル化ポリスチレン等の電離放射線レジスト 42 をスピンコーティング等の常法により均一に塗布し、加熱乾燥処理を行う。加熱乾燥処理は、使用するレジストの種類にもよるが、通常、80 ~ 150 °C で 20 ~ 60 分間程度行う。次に、レジスト層 42 に、常法に従って電子線描画装置等の露光装置によって電離放射線でパターン描画し、エチルセロソルブやエステル等の有機溶媒を主成分とする現像液で現

像後、アルコールでリンスし、同図 (c) に示すようなレジストパターン 43 を形成する。

【0023】次に、必要に応じて加熱処理、及び、ディスカム処理を行ってレジストパターン 43 のエッジ部分に残存したレジスト屑、ヒゲ等の不要なレジストを除去した後、同図 (d) に示すように、レジストパターン 43 の開口部より露出する被加工部分、すなわち、ハーフトーン遮光層兼位相シフト層 41 をエッチングガスプラズマ 44 によりドライエッチングし、ハーフトーン位相シフターパターン 45 を形成する。なお、このシフターパターン 45 の形成は、エッチングガスプラズマ 44 によるドライエッチングに代えてウェットエッチングにより行ってもよいことは当業者間では明らかなことである。

【0024】この後、同図 (e) に示すように、レジストパターン 43 すなわち残存するレジストを溶剤剥離し、フォトマスクとする。このフォトマスクを洗浄後、検査し、ハーフトーン位相シフターパターン 45 を有するハーフトーン位相シフトフォトマスクが完成する。

【0025】このように、カーボン微粒子を分散して透過率が約 16 % となるようにした SOG からなるハーフトーン位相シフターパターンの場合、フォトマスクブランクの透過率は、平均値  $\pm 3\sigma$  ( $\sigma$  は標準偏差) をとった場合に  $\pm 0.8\%$  であった。また、このように工程数の少ないプロセスで製造したハーフトーン位相シフトフォトマスクのハーフトーン位相シフターの位置ずれは、平均値  $\pm 3\sigma$  ( $\sigma$  は標準偏差) をとった場合に、 $\pm 0.1 \mu\text{m}$  以内という値を示し、高精度のハーフトーン位相シフトフォトマスクが得られたことが確認され、パターン歪み等は全く観測されなかった。

【0026】

【発明の効果】最近の LSI、超 LSI の高集積化に伴い、ますますフォトマスクの高精度化が要求され、マスク構成も複雑化し、それによって、工程数の増加、ゴミ等による欠陥の多発が問題になっている。また、必然的に高コストとなる。

【0027】本発明においては、上記したように、ハーフトーン位相シフトフォトマスクを、透明基板と、その表面に所定のパターンに従って設けられた均一組成材料からなるハーフトーン遮光層兼位相シフト層とから構成するので、構成が極めて単純であり、製造に関しても工程数削減により、欠陥の発生が押さえられ、同時に、製造コストを低く押さえることも併せて可能となる。そして、それにもかかわらず、ハーフトーン位相シフトフォトマスクの特長である通常のフォトマスクでは得られない高分解能が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明によるハーフトーン位相シフトフォトマスクの断面図である。

【図 2】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク

の製造工程の 1 例を示す断面図である。

【図 3】ハーフトーン位相シフトリソグラフィーの原理を示す図である。

【図 4】従来法を示す図である。

【図 5】従来のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造工程示す断面図である。

【符号の説明】

1 0 … 石英基板

1 1 … ハーフトーン遮光層兼位相シフト層

3 9 … 基板

4 0 … 導電層

4 1 … ハーフトーン遮光層兼位相シフト層

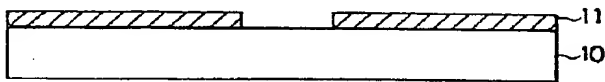
4 2 … 電離放射線レジスト

4 3 … レジストパターン

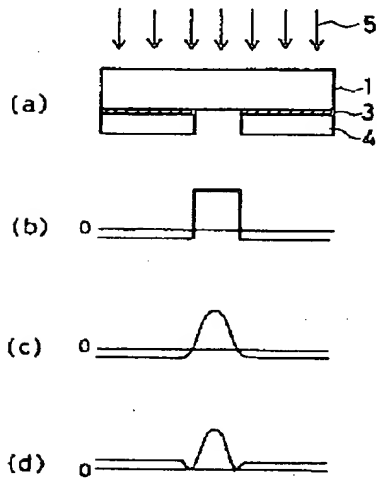
4 4 … エッチングガスプラズマ

4 5 … ハーフトーン位相シフターパターン

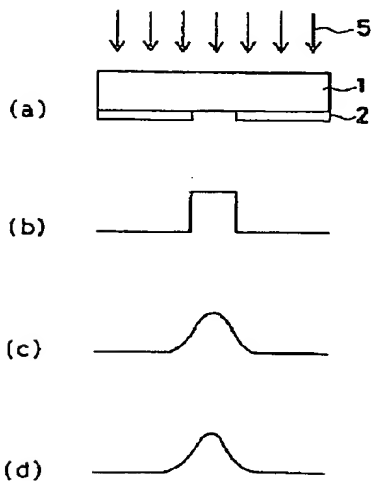
【図 1】



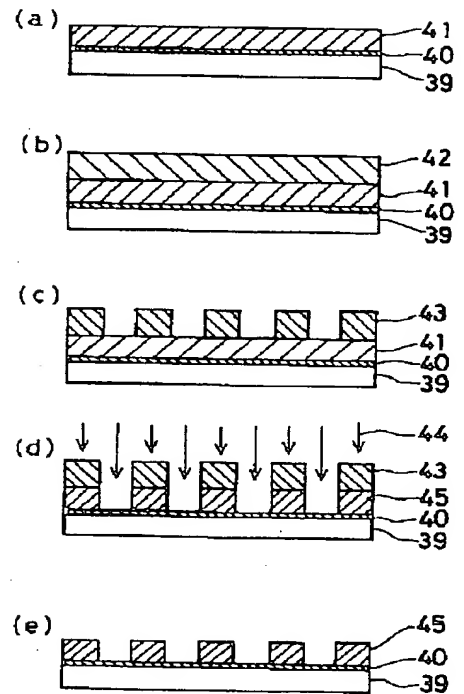
【図 3】



【図 4】



【図 2】



【 図 5 】

